

PAT-NO: JP409068702A

DOCUMENT-IDENTIFIER: JP 09068702 A

TITLE: REFLECTION TYPE COLOR LIQUID CRYSTAL  
DISPLAY ELEMENT AND ITS PRODUCTION

PUBN-DATE: March 11, 1997

INVENTOR-INFORMATION:

NAME

MITSUI, SEIICHI

IWAUCHI, KENICHI

ASSIGNEE-INFORMATION:

NAME

SHARP CORP

COUNTRY

N/A

APPL-NO: JP07225611

APPL-DATE: September 1, 1995

INT-CL (IPC): G02F001/1333, G02F001/1335 , G02F001/1347

ABSTRACT:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a bright reflection type color liquid crystal display element having high visibility and a process for producing the same.

SOLUTION: This refractive index type color liquid crystal display element 100 has a first liquid crystal layer 4 and second liquid crystal layer 5 facing each other and voltage impressing means 7a to 7c, 10 to 10c for impressing voltages on the selected regions of the first and second liquid crystal layers

4, 5. The first liquid crystal layer 4 has a first liquid crystal region 4a where the reflectivity of the light of a first wavelength band changes according to the impressed voltages and a second liquid crystal region 4b where the reflectivity of the light of a second wavelength band changes according to the impressed voltages. The second liquid crystal layer 5 includes a third liquid crystal region 5a where the reflectivity of the light of the second wavelength band changes according to the impressed voltages and a fourth liquid crystal region 5b where the reflectivity of the light of a third wavelength band changes according to the impressed voltages. The first liquid crystal region 4a of the first liquid crystal layer 4 faces part of the fourth liquid crystal region 5b of the second liquid crystal layer 5 and the third liquid crystal region 5a and the fourth liquid crystal region 5b of the second liquid crystal layer 5 faces part of the first liquid crystal region 4a of the first liquid crystal layer 4 and the second liquid crystal region 4b. The voltage impressing means 7a to 7c, 10a to 10c selectively impresses the voltages to the respective liquid crystal regions of the first and second liquid crystal layers 4, 5, by which color display is executed.

COPYRIGHT: (C)1997,JPO

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平9-68702

(43) 公開日 平成9年(1997)3月11日

(51) Int. Cl. <sup>6</sup>	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
G 0 2 F 1/1333			G 0 2 F 1/1333	
1/1335	5 0 5		1/1335	5 0 5
1/1347			1/1347	

審査請求 未請求 請求項の数9 O L (全 12 頁)

(21) 出願番号 特願平7-225611

(22) 出願日 平成7年(1995)9月1日

(71) 出願人 000005049

シャープ株式会社

大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号

(72) 発明者 三ッ井 精一

大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号 シ

ャープ株式会社内

(72) 発明者 岩内 謙一

大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号 シ

ャープ株式会社内

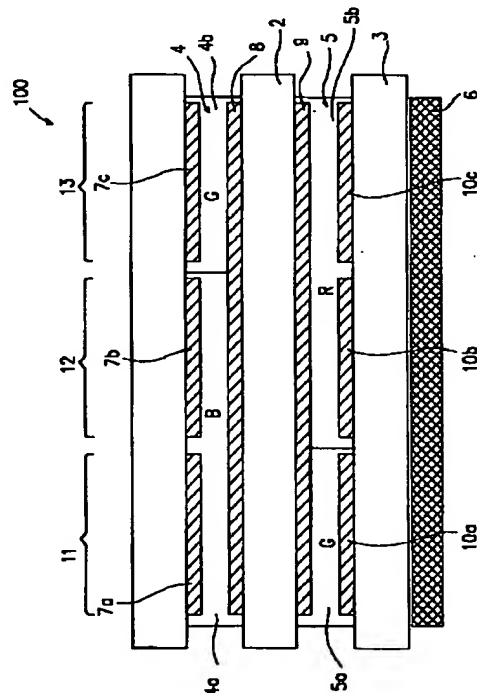
(74) 代理人 弁理士 山本 秀策

(54) 【発明の名称】 反射型カラー液晶表示素子及びその製造方法

(57) 【要約】

【課題】 明るい視認性の高い反射型カラー液晶表示素子及びその製造方法を提供する。

【解決手段】 対向する第1液晶層と第2液晶層と、第1及び第2液晶層の選択された領域に電圧を印加する電圧印加手段を備えた反射型カラー液晶表示素子であって、第1液晶層は、印加電圧に応じて第1波長帯域の光の反射率が変化する第1液晶領域と、印加電圧に応じて第2波長帯域の光の反射率が変化する第2液晶領域とを含み、第2液晶層は、印加電圧に応じて第2波長帯域の光の反射率が変化する第3液晶領域と、印加電圧に応じて第3波長帯域の光の反射率が変化する第4液晶領域とを含み、第1液晶層の第1液晶領域は、第2液晶層の第4液晶領域の一部と第3液晶領域とに対向し、第2液晶層の第4液晶領域は、第1液晶層の第1液晶領域の一部と第2液晶領域とに対向しており、電圧印加手段が第1及び第2液晶層の各液晶領域に対して電圧を選択的に印加し、それによってカラー表示を行う。



1

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 第1液晶層と第2液晶層とが対向するように配置され、該第1及び該第2液晶層の選択された領域に電圧を印加する電圧印加手段を備えた反射型カラー液晶表示素子であって、

該第1液晶層は、印加電圧に応じて第1波長帯域の光の反射率が変化する第1液晶領域と、印加電圧に応じて第2波長帯域の光の反射率が変化する第2液晶領域とを含み、該第2液晶層は、印加電圧に応じて該第2波長帯域の光の反射率が変化する第3液晶領域と、印加電圧に応じて第3波長帯域の光の反射率が変化する第4液晶領域と、を含み、

該第1液晶層の該第1液晶領域は、該第2液晶層の該第4液晶領域の一部と該第3液晶領域とに対向し、該第2液晶層の該第4液晶領域は、該第1液晶層の該第1液晶領域の一部と該第2液晶領域とに対向しており、該電圧印加手段が該第1及び第2液晶層の各液晶領域に対して電圧を選択的に印加し、それによってカラー表示を行う反射型カラー液晶表示素子。

【請求項2】 前記第1液晶層及び前記第2液晶層を透過した光を吸収する光吸収層をさらに有する請求項1に記載の反射型カラー液晶表示素子。

【請求項3】 前記第1波長帯域と、前記第2波長帯域と、前記第3波長帯域とは、互いに異なる波長帯域であって、赤、緑及び青から選ばれる請求項1または2に記載の反射型カラー液晶表示素子。

【請求項4】 前記第1液晶層及び前記第2液晶層の少なくとも一方は、液晶材料によって形成される液晶薄層と高分子材料によって形成される高分子薄層とが交互に積層された複合体である請求項1から3のいずれかに記載の反射型カラー液晶表示素子。

【請求項5】 前記第1液晶層及び前記第2液晶層の少なくとも一方は、コレステリック液晶を含む請求項1から4のいずれかに記載の反射型カラー液晶表示素子。

【請求項6】 前記コレステリック液晶はフィルム化またはマイクロカプセル化されたコレステリック液晶である請求項5に記載の反射型カラー液晶表示素子。

【請求項7】 前記第1液晶領域と第2液晶領域、及び前記第3液晶領域と第4液晶領域との少なくとも一方は、高分子によって形成された壁によって分離されている請求項5に記載の反射型カラー液晶表示素子。

【請求項8】 第1液晶層と第2液晶層とが対向するように配置され、該第1及び該第2液晶層の選択された領域に電圧を印加する電圧印加手段と、を備えた反射型カラー液晶表示素子であって、

該第1液晶層は、印加電圧に応じて第1波長帯域の光の反射率が変化する第1液晶領域と、印加電圧に応じて第2波長帯域の光の反射率が変化する第2液晶領域とを含み、該第2液晶層は、印加電圧に応じて該第2波長帯域の光の反射率が変化する第3液晶領域と、印加電圧に

2

じて第3波長帯域の光の反射率が変化する第4液晶領域と、を含み、

該第1液晶層の該第1液晶領域は、該第2液晶層の該第4液晶領域の一部と該第3液晶領域とに対向し、該第2液晶層の該第4液晶領域は、該第1液晶層の該第1液晶領域の一部と該第2液晶領域とに対向しており、該電圧印加手段が該第1及び第2液晶層の各液晶領域に対して電圧を選択的に印加し、それによってカラー表示を行う反射型カラー液晶表示素子の製造方法であって、

10 液晶材料と光硬化性樹脂との混合液を一对の透明基板の間に挟持する工程と、該混合液に複数のレーザ光を異なる方向から同時に照射し、該混合液中に干渉パターンを形成する工程と、

該干渉パターンにおける光強度が強い部分で光硬化性樹脂を硬化させ、光強度が弱い部分に該液晶材料を凝集させ、該液晶材料によって形成される液晶薄層と該硬化した光硬化性樹脂から形成される高分子薄層が交互に積層された複合体を形成する工程と、

を包含する反射型カラー液晶表示素子の製造方法。

20 【請求項9】 第1液晶層と第2液晶層とが対向するように配置され、該第1及び該第2液晶層の選択された領域に電圧を印加する電圧印加手段と、を備えた反射型カラー液晶表示素子であって、

該第1液晶層は、印加電圧に応じて第1波長帯域の光の反射率が変化する第1液晶領域と、印加電圧に応じて第2波長帯域の光の反射率が変化する第2液晶領域とを含み、該第2液晶層は、印加電圧に応じて該第2波長帯域の光の反射率が変化する第3液晶領域と、印加電圧に応じて第3波長帯域の光の反射率が変化する第4液晶領域と、を含み、

30 該第1液晶層の該第1液晶領域は、該第2液晶層の該第4液晶領域の一部と該第3液晶領域とに対向し、該第2液晶層の該第4液晶領域は、該第1液晶層の該第1液晶領域の一部と該第2液晶領域とに対向しており、該電圧印加手段が該第1及び第2液晶層の各液晶領域に対して電圧を選択的に印加し、それによってカラー表示を行う反射型カラー液晶表示素子の製造方法であって、

第1透明基板の表面に、第1領域と第2領域とに分離する壁を接着性レジストを用いて形成する工程と、

40 該接着性レジストを介して、該第1透明基板と第2透明基板とを接着する工程と、

該第1領域と該第2領域にそれぞれ異なるコレステリック液晶材料を注入し、該第1液晶領域と該第2液晶領域とを形成する工程と、

を包含する反射型カラー液晶表示素子の製造方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、液晶表示装置及びその製造方法に関し、特に、明るい反射型カラー液晶表示素子及びその製造方法に関する。

50

## 【0002】

【従来の技術】液晶表示素子は、低消費電力で薄型軽量であるという優れた特徴を有している。この特徴を利用して、フラットパネルディスプレイの開発がすすめられており、時計、電卓、コンピュータ端末、ノート型コンピュータやワードプロセッサ、更にはテレビジョン受像機などに液晶表示素子は利用されている。

【0003】液晶表示素子は非発光素子であり、外部から液晶表示素子に入射する光の強度を変調することによって表示を行う。液晶表示素子の表示モードとして、TN (Twisted Nematic) モードが知られている。TNモードの液晶表示素子は、その液晶セル内の液晶層の液晶分子の配向が約90°ねじれた、いわゆる90°ツイスト配向を有している。この液晶セルを一对の偏光板の間に配し、液晶層の旋光性が電圧によって変化する現象(すなわち、電圧無印加時には所定の旋光特性を有し、電圧印加時には旋光特性がなくなる)を利用してモノクロ表示が行われる。単純マトリックス駆動の液晶表示素子においては、STN (Super Twisted Nematic) モードが広く採用されている。このSTNモードの液晶表示素子は、TNモードと類似の液晶セル構造を有し、液晶層の液晶分子の配向のねじれ角が90°~270°に設定されている。STNモードにおいては、液晶分子の配向のねじれ角を90°以上にし、更に偏光板の偏光方向が最適化されている。印加電圧の増加に伴い液晶分子の配向が急激に変化することによって、液晶層の複屈折率が急激に変化することを利用して、急峻な閾値特性を有する電気光学特性が実現できる。閾値特性が急峻であるので、STNモードは、単純マトリックス駆動の液晶表示素子に適する。一方、STNモードの液晶表示素子においては、液晶層の複屈折に起因して、表示の背景が黄緑色や濃紺色等の色を呈するという問題がある。色補正を行うことによってこの問題を解決し、白黒表示を可能にした液晶表示素子も市場に出ている。この液晶表示素子では、表示用STN液晶パネルに、光学補償用のSTN液晶パネルやポリカーボネート等の高分子で形成される位相差板を重ね合わせることによって、色補正が行われている。

【0004】さらに、TNモードやSTNモードを用いたカラー液晶表示素子は、液晶セル内部の1画素毎に、例えば3ドット(赤、緑、青)の微小寸法のマイクロカラーフィルタを有しており、加法混色によってマルチカラー表示やフルカラー表示を行う。しかし、これらの表示モードは、偏光板を用いるので視野角が狭く、偏光板とカラーフィルタの吸収によって、入射光の1/6しか表示に用いられないため非常に暗いという問題を有している。

【0005】広い視野角と明るさを要求される用途に対しては、ゲストホストモード(GHモード)が採用される。このモードは、分子の長軸方向と短軸方向とで吸光

度の異なる色素(二色性色素)を含む液晶層を利用する。GHモードは、偏光板を使用するハイルマイヤー型、偏光板を使用しないホワイト/テラー型(相転移型)及び二層型等に分類されるが、いずれの場合でも動作原理は同じである。GHモードにおいては、色素分子の配向が液晶分子の配向を介して印加電圧によって制御される。色素分子の配向方向によって色素分子によって吸収される光の強度が変化するので、表示色が変化する。また、二色性色素として可視光の一部の波長を吸収する色素を使用してもよいし、黒色の色素を使用してもよい。また、ゲストホスト液晶セルとマイクロカラーフィルタとを組み合わせてカラー表示を行うことも可能である。

【0006】二色性色素を含有する液晶層を積層したカラー表示素子の例は、米国特許4953953号公報及び特表昭62-502780号公報に開示されている。この液晶表示素子の1画素60は、図6に示すように、異なる色を表示するドット61、62及び63から構成される。各々のドット61、62、及び63は、積層された2つの液晶層(不図示)に形成された、補色関係にある色素を含有するカプセル化された液晶領域61aと61b、62aと62b、及び63aと63bから構成される。すなわち、赤色素を含有した液晶領域61aの下に、その補色に対応するシアン色素を含有した液晶領域61bが配置される。同様に、緑の液晶領域62aとマゼンタの液晶領域62b、青の液晶領域63aとイエローの液晶領域63bがそれぞれ上下方向(光の透過方向)に重なるように配置されている。白色光(W)が、図中の下側の矢印で示されるように入射される。そして、これら3つのドット61、62及び63を1画素とし、カプセル化された6つの液晶領域を互いに独立に駆動させることによって、フルカラー表示が行われる。例えば、次のようにして赤が表示される。シアン色素を含有した液晶領域61bにのみ所定の電圧を印加し透明状態に移行させ、且つその他の液晶領域をOFF状態にして各々の液晶領域に各々の色の光を吸収させることによって赤が表示される。

【0007】二色性色素を含有した液晶を用いた三層型液晶表示素子70は、図7に示されるように、カプセル化された液晶材料から形成される3つの液晶色層76、77、及び78と、これらの液晶色層に電圧を印加するための4つの電極層79、80、81、及び82とから構成されている。電極層79と81は、それぞれ、3ドットで1画素に対応するドット毎に電圧を印加するためのドット電極(不図示)を有している。液晶色層76、77、及び78のカプセル化された液晶材料には、それぞれ異なる色素が含まれている。液晶色層76はイエロー色素を含み、液晶色層77はシアン色素を含み、液晶色層78はマゼンタ色素を含む。各液晶色層76、77及び78に対して、ドット毎に所定電圧を選択的に印加

5

するか印加しないかによって、図中の矢印の方向から入射する白色光の色成分を選択的に吸収しカラー表示が行われる。

【0008】また、二色性色素と、カラーフィルタとを用いたカラー液晶表示素子の例が、米国特許4886343号公報や特開平6-202099号公報等に開示されている。米国特許4886343号公報のカラー液晶表示素子は、異なる二色のカラーフィルタが並置された層と、二色性色素が含有された液晶層と、シャッター機能を有する液晶層とから構成されており、二色のカラーフィルタを選択的に使用することによって多色表示を可能としている。また、特開平6-202099号公報のカラー液晶表示素子は、異なる二色のカラーフィルタが並置された層と、それぞれ異なる二色の二色性色素が含有された第1及び第2液晶層から構成されている。この第1及び第2液晶層は、それぞれ異なった閾値電圧を有し、一对の電極により第1及び第2液晶層が挟持され、これらの液晶層に対して従属的に電圧を印加することによって、多色表示を可能としている。また、第1液晶層と第2液晶層との間に共通電極を設け、これらの液晶層に対して別々に電圧を印加することによって、一对の電極のみを設けた場合よりも多くの色の表示を可能とした構成も開示されている。

【0009】また、液晶と高分子材料とが層状をなした液晶樹脂複合体から形成された表示材料を用いた青反射表示素子、緑反射表示素子及び赤反射表示素子を、黒あるいは灰色の光吸収膜に平面配置する例が、特開平6-294952号公報に開示されている。この表示素子は、偏光板を使用せずに特定波長帯域の光の反射と透過とを制御できるので、明るいカラー表示を行うことが出来る。

【0010】また、ポリマーマトリックス中にコレステリック液晶を分散させて、コレステリック液晶の選択反射を利用し、電圧無印加時の散乱状態と、電圧印加時の選択反射状態とを切り換えることによって表示を行う反射型カラー表示モードが特開平3-209424号公報に開示されている。

【0011】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、上記の従来技術は、以下の問題点を有している。並置された赤、緑、青のカラーフィルタを用いた上記カラー液晶表示素子によれば、カラーフィルタを透過する光強度は入射光の1/3になってしまい、光の利用効率という点で問題を有していた。そのため、消費電力の大きなバックライトなしでカラー表示を行うことは困難となり、液晶表示素子の低消費電力という特長が損なわれてしまう。

【0012】また、従来用いられているTNモード及びSTNモードでは、偏光子によって入射光のさらに半分が吸収されてるので、光の利用効率がさらに悪くなっていた。即ち、カラーフィルタとTNモードまたはSTN

6

モードとを組み合わせた場合、原理的に最大でも入射光の1/6しか表示に利用できないという問題を有していた。

【0013】また、偏光板を利用しない上下の液晶層が補色関係を満足するように二色性色素を含有した上記二層型液晶表示素子によれば、白、シアン、マゼンタ、及びイエローの各色は明るくなるものの、赤、緑及び青の各単色は、前述した赤、緑、青のカラーフィルタを並置した場合と同様に、透過光は入射光強度の1/3となり、暗いフルカラー表示しか実現できない。

【0014】上記の三層型GHモード液晶表示素子によれば、一つの画素でフルカラー表示が行えるため、光の利用効率は良く、十分な明るさを得ることができるが、駆動素子が層ごとに必要となり、それぞれ独立に駆動させなければならないという技術的困難を伴う。更に、三層を積層するので、液晶層の厚み方向の位置の違いにより視差が生じるという不具合もある。

【0015】また、異なる二色のカラーフィルタの並置からなる層と、二層の液晶層とが設けられた上記積層型液晶表示素子は、赤、緑、青のカラーフィルタを並置する場合よりは明るいものの、光の利用効率は入射光の1/2であり、十分な明るさを有する表示を提供できるとは言いがたい。

【0016】また、液晶材料と高分子材料とが層状に積層された液晶樹脂複合体からなる表示材料を用いる青反射表示素子、緑反射表示素子及び赤反射表示素子を黒あるいは灰色の光吸収膜に平面配置する構成では、1画素を3つに面積分割するために利用される光は入射光の1/3となり、表示は暗くなる。

【0017】このように、従来の表示方式では、液晶表示素子本来の薄型軽量、低消費電力という優れた特徴を十分発揮しているとはいえず、携帯用情報端末の表示装置としては不十分であり、明るく視認性に優れた反射型カラー表示装置が求められている。

【0018】本発明は、上記課題に鑑みてなされたものであり、その目的とするところは、明るい視認性の高い反射型カラー液晶表示素子及びその製造方法を提供することにある。

【0019】

【課題を解決するための手段】本発明の反射型カラー液晶表示素子は、第1液晶層と第2液晶層とが対向するように配置され、該第1及び該第2液晶層の選択された領域に電圧を印加する電圧印加手段を備えた反射型カラー液晶表示素子であって、該第1液晶層は、印加電圧に応じて第1波長帯域の光の反射率が変化する第1液晶領域と、印加電圧に応じて第2波長帯域の光の反射率が変化する第2液晶領域とを含み、該第2液晶層は、印加電圧に応じて該第2波長帯域の光の反射率が変化する第3液晶領域と、印加電圧に応じて第3波長帯域の光の反射率が変化する第4液晶領域と、を含み、該第1液晶層の該

第1液晶領域は、該第2液晶層の該第4液晶領域の一部と該第3液晶領域とに対向し、該第2液晶層の該第4液晶領域は、該第1液晶層の該第1液晶領域の一部と該第2液晶領域とに対向しており、該電圧印加手段が該第1及び第2液晶層の各液晶領域に対して電圧を選択的に印加し、それによってカラー表示を行い、そのことによって、上記目的が達成される。

【0020】前記第1液晶層及び前記第2液晶層を透過した光を吸収する光吸収層をさらに有してもよい。

【0021】前記第1波長帯域と、前記第2波長帯域と、前記第3波長帯域とは、互いに異なる波長帯域であって、赤、緑及び青から選ばれるのが好ましい。

【0022】前記第1液晶層及び前記第2液晶層の少なくとも一方は、液晶材料によって形成される液晶薄層と高分子材料によって形成される高分子薄層とが交互に積層された複合体であってよい。

【0023】前記第1液晶層及び前記第2液晶層の少なくとも一方は、コレステリック液晶を含んでもよい。

【0024】前記コレステリック液晶はフィルム化またはマイクロカプセル化されたコレステリック液晶であってよい。

【0025】前記第1液晶領域と第2液晶領域、及び前記第3液晶領域と第4液晶領域との少なくとも一方は、高分子によって形成された壁によって分離されている。

【0026】本発明の反射型カラー液晶表示素子の製造方法は、第1液晶層と第2液晶層とが対向するように配置され、該第1及び該第2液晶層の選択された領域に電圧を印加する電圧印加手段とを備えた反射型カラー液晶表示素子であって、該第1液晶層は、印加電圧に応じて第1波長帯域の光の反射率が変化する第1液晶領域と、印加電圧に応じて第2波長帯域の光の反射率が変化する第2液晶領域とを含み、該第2液晶層は、印加電圧に応じて該第2波長帯域の光の反射率が変化する第3液晶領域と、印加電圧に応じて第3波長帯域の光の反射率が変化する第4液晶領域とを含み、該第1液晶層の該第1液晶領域は、該第2液晶層の該第4液晶領域の一部と該第3液晶領域とに対向し、該第2液晶層の該第4液晶領域は、該第1液晶層の該第1液晶領域の一部と該第2液晶領域とに対向しており、該電圧印加手段が該第1及び第2液晶層の各液晶領域に対して電圧を選択的に印加し、それによってカラー表示を行う反射型カラー液晶表示素子の製造方法であって、液晶材料と光硬化性樹脂との混合液を一对の透明基板の間に挟持する工程と、該混合液に複数のレーザ光を異なる方向から同時に照射し、該混合液中に干渉パターンを形成する工程と、該干渉パターンにおける光強度が強い部分で光硬化性樹脂を硬化させ、光強度が弱い部分に該液晶材料を凝集させ、該液晶材料によって形成される液晶薄層と該硬化した光硬化性樹脂から形成される高分子薄層が交互に積層された複合

体を形成する工程と、を包含し、そのことによって上記目的を達成する。

【0027】また、本発明の反射型カラー液晶表示素子の製造方法は、第1液晶層と第2液晶層とが対向するように配置され、該第1及び該第2液晶層の選択された領域に電圧を印加する電圧印加手段とを備えた反射型カラー液晶表示素子であって、該第1液晶層は、印加電圧に応じて第1波長帯域の光の反射率が変化する第1液晶領域と、印加電圧に応じて第2波長帯域の光の反射率が変化する第2液晶領域とを含み、該第2液晶層は、印加電圧に応じて該第2波長帯域の光の反射率が変化する第3液晶領域と、印加電圧に応じて第3波長帯域の光の反射率が変化する第4液晶領域とを含み、該第1液晶層の該第1液晶領域は、該第2液晶層の該第4液晶領域の一部と該第3液晶領域とに対向し、該第2液晶層の該第4液晶領域は、該第1液晶層の該第1液晶領域の一部と該第2液晶領域とに対向しており、該電圧印加手段が該第1及び第2液晶層の各液晶領域に対して電圧を選択的に印加し、それによってカラー表示を行う反射型カラー液晶表示素子の製造方法であって、第1透明基板の表面に、第1領域と第2領域とに分離する壁を接着性レジストを用いて形成する工程と、該接着性レジストを介して、該第1透明基板と第2透明基板とを接着する工程と、該第1領域と該第2領域にそれぞれ異なるコレステリック液晶材料を注入し、該第1液晶領域と該第2液晶領域とを形成する工程と、を包含し、そのことによって上記目的が達成される。

【0028】

【発明の実施の形態】以下に、本発明の実施の形態を図面を参照しながら説明する。

【0029】図1に本発明の反射型カラー液晶表示素子100の一画素分の断面構造を模式的に示す。液晶表示素子100の一画素は、3つのドット11、12及び13から構成される。液晶表示素子100は、3枚の透明基板1、2、及び3と、これらの透明基板の間に挟持された液晶層4及び5を有している。さらに、基板3の外側の表面には、光吸収層6が配置されている。

【0030】液晶層4は、透明基板1上に形成された透明電極7a、7b及び7cと、透明基板2上に形成された透明電極8との間に挟持されている。透明電極7a、7b及び7cは、それぞれドット11、12及び13に対応するように設けられており、液晶層4にドット毎に異なる電圧を印加することができる。また、液晶層5は、透明基板2上に形成された透明電極9と、透明基板3上に形成された透明電極10a、10b、及び10cとの間に挟持されている。透明電極10a、10b及び10cは、それぞれドット11、12及び13に対応するように設けられており、液晶層5にドット毎に異なる電圧を印加することができる。

【0031】液晶層4及び5は、それぞれ、特定の波長

帯域の光に対する反射率が印加される電圧によって変化する性質を有している。また、液晶層4及び5は、互いに異なる波長帯域の光に対して反射率が変化する領域4aと4b及び5aと5bを有している。また、液晶層4と液晶層5の同じドットを構成する領域は、互いに異なる波長帯域の光に対する反射率を変化するように構成される。

【0032】液晶層4及び5は、液晶材料の薄層と高分子材料の薄層とを交互に積層した層状複合体によって形成されている。層状複合体に電圧が印加されない時（電圧無印加時）には、高分子薄層の屈折率と液晶薄層の屈折率が異なり、高分子薄層－液晶薄層が干渉フィルターとなり特定の波長帯域の光を反射する。電圧を印加した場合には、液晶薄層の屈折率が高分子薄層の屈折率に近づくように設定されており、特定波長帯域における光の反射率は大幅に低下する。

【0033】図1の例では、液晶層4は、青色光の反射率を変化する液晶領域4aと、緑色光の反射率を変化させる液晶領域4bとを有する。液晶領域4aはドット11と12に対応し、液晶領域4bはドット13に対応する。液晶領域4aのドット11に対応する部分は、透明電極7aと8との間に印加される電圧によって、反射率が変化し、液晶領域4aのドット12に対応する部分は、透明電極7bと8との間に印加される電圧によって、反射率が変化する。液晶領域4bは、ドット13に対応し、透明電極7cと8との間に印加される電圧によって、反射率が変化する。

【0034】一方、液晶層5は、緑色光の反射率を変化する液晶領域5aと、赤色光の反射率を変化させる液晶領域5bとを有する。液晶領域5aはドット11に対応し、液晶領域5bはドット12と13とに対応する。液\*

\* 晶領域5aは、透明電極10aと9との間に印加される電圧によって、反射率が変化する。液晶領域5bのドット12に対応する部分は、透明電極10bと9との間に印加される電圧によって、反射率が変化し、液晶領域4bのドット13に対応する部分は、透明電極10cと9との間に印加される電圧によって、反射率が変化する。すなわち、ドット11は青色光反射層と緑色光反射層、ドット12は青色光反射層と赤色光反射層、ドット13は緑色光反射層と赤色光反射層とから構成されている。なお、各液晶領域色が反射する光の色の組み合わせは、上記の例に限定されない。図1の構成において、液晶層4と5との積層順序は反対でもよく、各ドット11、12及び13を構成する液晶領域が反射する光の色の組み合わせが互いに異なるように選択すれば良い。また、図1においては、液晶領域4a及び5bは2つのドットに対応するように形成し、液晶層の構成を単純化してあるが、液晶領域4a及び5bをそれぞれ2つに分割し、ドット毎に液晶領域を形成してもよい。

【0035】また、光吸収層6は黒色または灰色を呈する層であり、液晶層4及び5を透過した光を吸収するために設けられている。

【0036】次に、反射型カラー液晶表示素子100の動作を説明する。1画素を構成するドット11、12、13の表示色（反射色）の組み合わせによって、1画素の表示色が決まる。ドット11、12及び13の表示色は、各ドットを構成する液晶層4及び5の領域（または領域の一部）によって反射される光の色の組み合わせによって決まる。表1～8に1画素の表示色と各ドットの表示色の組み合わせを示す。

【0037】

【表1】

	ドット11	ドット12	ドット13
液晶層4	ON	ON	ON
液晶層5	ON	OFF	OFF
反射光	黒	赤	赤

【0038】

※ ※【表2】

緑表示

	ドット11	ドット12	ドット13
液晶層4	ON	ON	OFF
液晶層5	OFF	ON	ON
反射光	緑	黒	緑

【0039】

★ ★【表3】



11

青表示

	ドット11	ドット12	ドット13
液晶層4	OFF	OFF	ON
液晶層5	ON	ON	ON
反射光	青	青	黒

12

【0040】

\* \* 【表4】

シアン表示

	ドット11	ドット12	ドット13
液晶層4	OFF	OFF	OFF
液晶層5	OFF	ON	ON
反射光	シアン	青	緑

【0041】

※ ※ 【表5】

マゼンタ表示

	ドット11	ドット12	ドット13
液晶層4	OFF	OFF	ON
液晶層5	ON	OFF	OFF
反射光	青	マゼンタ	赤

【0042】

★ ★ 【表6】

イエロー表示

	ドット11	ドット12	ドット13
液晶層4	ON	ON	OFF
液晶層5	OFF	OFF	OFF
反射光	緑	赤	イエロー

【0043】

☆ ☆ 【表7】

白表示

	ドット11	ドット12	ドット13
液晶層4	OFF	OFF	OFF
液晶層5	OFF	OFF	OFF
反射光	シアン	マゼンタ	イエロー

【0044】

◆ ◆ 【表8】

黒表示

	ドット11	ドット12	ドット13
液晶層4	ON	ON	ON
液晶層5	ON	ON	ON
反射光	黒	黒	黒

【0045】表1から8において、各液晶層の所定の領域または領域の一部に所定の電圧が印加されている場合をON、電圧無印加の状態をOFFとし表している。

【0046】赤表示は、表1に示すような状態の組み合わせにより得られる。すなわち、液晶層4については、透明電極7a、7b、7cと透明電極8との間に所定の電圧が印加され、液晶層4の3つドットに対応する部分全てがON状態にある。従って、入射光は液晶層4によって反射されることがなく、液晶層5に達する。液晶層5\*50

\*については、透明電極10a透明電極9との間のみ所定の電圧が印加され、液晶層5のドット11に対応する部分だけがON状態にある。従って、ドット11に入射した光は、液晶層5をも通過し、光吸収層6で吸収される。その結果、ドット11は黒表示状態になる。一方、ドット12及び13では、液晶層4を透過した光の赤色成分は、液晶層5によって反射される。赤色成分以外の光は、液晶層5を透過し、光吸収層6によって吸収される。その結果、ドット11のみが黒表示を行い、ドット

## 13

12、ドット13が共に赤表示を行うので、この画素は全体として赤表示となる。

【0047】緑表示は、表2に示すような状態の組み合わせにより得られる。すなわち、ドット12のみが黒表示を行い、ドット11及びドット13はともに緑表示を行うので、この画素は全体として緑表示になる。

【0048】青表示は、表3に示すような状態の組み合わせにより得られる。すなわち、ドット13のみが黒表示を行い、ドット11及びドット12はともに青表示を行うので、この画素は全体として青表示になる。

【0049】シアン表示は、表4に示すような状態の組み合わせにより得られる。すなわち、ドット11を構成する液晶層4及び5は何れもOFF状態にあり、液晶層4によって青色の光が反射される。また、ドット11の液晶層4を透過した光のうち緑色光が液晶層5によって反射される。その結果、青色光と緑色光が加法混色によってシアン色を呈する。ドット12及び13の液晶層4はOFF状態にあり、液晶層5はON状態にあるので、ドット12は青色、ドット13は緑色を呈する。ドット12と13の青色と緑色も加法混色によって、シアン色となる。従って、この画素は全体としてシアン表示となる。この状態は、3ドットの内2ドットがシアン表示を行う状態と等価になる。

【0050】マゼンタ表示は、表5に示すような状態の組み合わせにより得られる。すなわち、ドット11が青表示を行い、ドット12がマゼンタ表示、ドット13が赤表示を行う。青色の光と赤色の光が加法混色されるとマゼンタ色となる。従って、この画素は全体としてマゼンタ表示となる。この状態は、3ドットの内2ドットがマゼンタ表示を行う状態と等価になる。

【0051】イエロー表示は、表6に示すような状態の組み合わせにより得られる。すなわち、ドット11が緑表示を行い、ドット12が赤表示、ドット13イエロー表示を行う。緑色の光と赤色の光が加法混色されるとイエロー色となる。従って、この画素は全体としてイエロー表示となる。この状態は、3ドットの内2ドットがイエロー表示を行う状態と等価になる。

【0052】白色表示は、表7に示すように、液晶層4及び5の全ての部分がOFF状態にある場合に得られる。ドット11、12及び13は、それぞれ、シアン色、マゼンタ色、イエロー色を呈し、加法混色の結果、この画素は全体として白色を表示する。黒表示は、表8に示すように、各ドットを構成する液晶層4及び5の全てがON状態にある場合に得られる。入射した光は全て液晶層4及び5を透過し、光吸収層6によって吸収され、この画素は黒色を表示する。

【0053】また、図1の液晶表示素子100では、透明電極7a、7b、7c及び10a、10b、10cと3分割し、一画素を構成するドット毎に独立に電圧を印加出来る構成としたが、表1〜8から分かるように、透

## 14

明電極7aと7b及び透明電極10bと10cは、同時に同じ状態にあるので、独立にON/OFFされる必要はないので、透明電極7aと7b及び透明電極10bと10cを各々の一つの電極としてもよい。従って、液晶表示素子100をアクティブマトリクス駆動する場合には、1画素に4つのアクティブ素子が必要となる。さらに、表1から8からわかるように、液晶層4bと5aは同時に同じ状態にあるので、透明電極7cと10aを同じアクティブ素子で駆動することができる。従って、液晶表示素子100は、液晶領域4a、4bと5a、及び5bを駆動するための3個のアクティブ素子で駆動すること可能である。

【0054】本実施形態による液晶表示素子100は、表1〜表8に示すように、各液晶層において3原色のうち2色が反射されるので、入射光の利用効率率は、特公開平6-294952号に開示されているように1層に赤、青、緑の反射層を配置する構造と比較して、白表示の明るさが約2倍の光利用効率率（明るさ）を得ることができた。また、各色（赤、青、緑、シアン、マゼンタ、イエロー）を表示した場合にも色純度を落とすことなく、明るさを2倍にすることができた。また、本発明の実施形態によれば、画素内での積層の上下の順序については任意であり、1つの液晶層中に赤、青、緑の中の2色を反射する液晶領域を設けるだけの簡単な構成となる。

【0055】次に、液晶表示素子100の製造方法の例を説明する。透明基板1、3として厚みが1.1mmの7059ガラス基板（コーニンググラスワークス社）を使用し、透明基板2には、視差を抑えるために比較的薄い0.5mm厚の7059ガラス基板（コーニンググラスワークス社）を使用して、各ガラス基板に透明電極としてITO膜7a、7b、7c、8、9、10a、10b、及び10cをスパッタリング法によりそれぞれ形成した。ここでは、ITO膜の厚さを100nmに設定した。

【0056】各透明基板間の間隔（液晶層の厚さ）は、スペーサーとしてファイバークラス（日本電気硝子社製）を使用して基板1と2、基板2と3の間隔をいずれも10μmに設定した。液晶層4、5は特公開6-294952号公報に開示された方法に従って製造した。

【0057】液晶層4及び5は、以下のようにして作製した。まず、ネマチック液晶（例えば、メルク社製のE-7）と光硬化性樹脂（例えば、ラックストラックL A0208）との混合液を調製し、透明基板1と2との間に挟持する。次に図2に示すように、例えばシングルモードのアルゴンレーザを用いて波長488nmの光をマスク（不図示）を介して、液晶領域4aを形成する部分にのみ照射する。アルゴンレーザのビーム21と22とは干渉を起こし、波長に対応して光の強度が変化する干渉パターンが混合液内に形成される。この光の強弱

は、光の波長(488nm)と2つの光の入射角により決定される微細な間隔で、光の進行方向に対応して生じる。この干渉パターンを有する光が照射された混合物は、図2に示すように、光強度が強い領域で光硬化性樹脂が硬化し、光の弱い領域には主に液晶材料が凝集する。この結果、光硬化性樹脂からなる高分子薄層24と液晶薄層23とが周期的に形成された複合体が作製できる。この複合体は、波長488nmの光を中心とする特定波長帯域の光を反射する。また、液晶薄層23を形成する液晶材料の屈折率は印加電圧によって変化するの

で、その反射率を電氣的に制御することが可能である。  
【0058】次に、緑色の液晶領域領域4bを、混合液に照射するレーザー光の波長を変えて、同様の方法で作製する。この作製方法によれば、照射するレーザー光の波長を変えることにより、複合体によって反射される光の波長を容易に制御できる。青色(例えば、488nmのアルゴンレーザー光)、緑色光(例えば、波長514.5nmのアルゴンレーザー光)、赤色(例えば、波長632.8nmのヘリウムネオンレーザー光)のレーザー光を使用することによって、青色、緑色、赤色の波長の光を反射する複合体を容易に作製できる。また、マスクを用いることにより複合体を形成する領域を面積的に分割することができる。液晶層5も同様な方法に作製する。本実施形態における各液晶領域の分光反射率を3図に示す。それぞれ、色純度の高い反射特性を有していることが分かる。

【0059】その後、透明基板3に光吸収層6を配置

$$\Delta\lambda = 2\Delta n \cdot p$$

このとき、選択反射される光の中心波長 $\lambda_m$ は、

$$\lambda_m = na \cdot p$$

で表される。ここで $na$ はコレステリック液晶の平均屈折率である。

【0063】また、左回りのコレステリック液晶については、前述した右回りのコレステリック液晶の場合とは反対の作用をする。図8は左回りのコレステリック液晶の選択反射現象を模式的に示している。自然光(右円偏光と左円偏光)が入射した場合、前述の所定波長範囲にある入射光の左回りの円偏光成分のみを選択的に反射し、それ以外の波長の左回り円偏光成分やすべての右回り円偏光成分はコレステリック液晶層を通過する。このように、選択反射を示す材料としてコレステリック液晶がまず挙げられるが、カイラルスメクティック液晶も光学的にはコレステリック液晶と同等な選択反射を示す。コレステリック液晶(カイラルネマティック液晶)は、ネマティック液晶にカイラル剤を添加することによってピッチの調節が比較的容易であり、反射光の波長幅の調節もしやすく材料選択の幅が広い特徴を持つ。

【0064】ここでは、液晶材料(ZLI-5087:メルク社製)にカイラル剤(S-811:メルク社製)を適量混合し、可視光域に選択光の波長帯域が重なるよ

\*し、反射型カラー液晶表示素子を完成させる。光吸収層6としてカーボン微粒子をバインダーに添加したものを印刷法によって透明基板の裏面上に形成した。この光吸収層6は、有機系色素がまたは顔料系色素をバインダーに添加したものを印刷法あるいはスピンナー法によって透明基板に形成しても良い。その他に、黒色紙などの光吸収性のシートを接着剤によって透明基板3に貼り付けても良い。さらに、透明基板3及び光吸収層6に代えて光吸収性を有する基板、例えば、ポリカーボネイト、ポリエチレンテレフタレート、ポリエーテルスルホン、アクリル系とエポキシ系の重合体、架橋性のアクリルなどの高分子にカーボンや黒色の顔料系または有機系の色素を添加したものをを用いてもよい。このようにした場合、光吸収層6が基板をも兼ねているため、製造が簡略化されるという優れた特徴も有することになる。

【0060】本発明の他の実施形態を以下に説明する。本実施形態は、上記の実施形態における液晶層4及び5にコレステリック液晶を利用する。

【0061】コレステリック液晶がその螺旋ピッチに対応した波長の光を選択的に反射する現象はよく知られている。例えば、右回りのコレステリック液晶は、その液晶の屈折率異方性を $\Delta n$ 、螺旋ピッチを $p$ 、選択反射の中心波長を $\Delta\lambda$ とすれば、(1)式で表される $\Delta\lambda$ の範囲にある入射光の右回りの円偏光成分のみを選択的に反射し、それ以外の波長の右回り円偏光成分やすべての波長の左回り円偏光成分は透過する。

【0062】

(1)

※うに調整する。その一例としてカイラル剤を18%混合し、セル厚8 $\mu$ mで作製した液晶層の分光反射率を図4に示す。この場合の選択反射光の中心波長は570nm、反射波長幅は40nmであり、反射光は緑色を呈した。反射光の波長は液晶のピッチを調節することで、赤、青の反射光を得た。選択光の波長幅は、上記(1)式に示したように、用いる液晶の屈折率異方性の大きさに依存し、液晶材料を選択することで調節できる。その一例として、液晶材料(BL001:BDH社製)にカイラル剤(CB15:メルク社製)を39%混合したときの反射光の波長幅は80nmであった。

【0065】次に青反射の液晶領域4a、緑反射の液晶領域4b、5a、赤反射の液晶領域5bを分離、注入する方法について説明する。

【0066】ガラス基板を2枚用意し、各ガラス基板に接着性レジストOPSR-5600(東京応化工業社製)を塗布した後、紫外線を照射し、図5に示すような櫛形の壁51を形成した。その後、ガラス基板を2枚貼り合わせて焼成した。それから、2つの液晶注入口52、53をから2種類のコレステリック液晶54、55をそれぞれ注入した。

【0067】なお、上記接着性レジストに代えて感光性

高分子を用いることもできる。また、図5と同様のパターンを有する壁51となる凸部をゾルゲル法を用いて形成したり、フッ酸等を用いたエッチング法などによって、透明基板自体に凹凸部を形成してもよい。また、マイクロカプセル化技術を用いて、印刷法によって、壁51を形成することができる。基板の接着には、公知の材料を広く用いることができる。

【0068】また、上記実施形態では基本的な構成について説明したが、透明基板1及び3上に形成した透明電極に印加する電圧をスイッチングするために、薄膜トランジスタや2端子素子(MIM素子やバリスタ等)を設けることが好ましい。この場合には1画素について少なくとも3個のアクティブ素子が必要である。また、スイッチング特性を考慮すると、1画素の中で、液晶層4に対して2個、液晶層5に対して2個、合計4個のアクティブ素子を設けることが好ましい。これらのアクティブ素子は公知の方法によって形成することができる。

【0069】上記の実施形態においては、2つの液晶層4及び5の間に設けられる透明基板2として、厚さ0.5mmのガラス基板を用いたが、0.1~0.5mm厚のガラス基板あるいはプラスチック基板を用いることができる。また、透明基板2としてファイバプレート(例えば、厚さ1mm)を用いると完全に視差をなくすことができる。ファイバプレートは、束ねた光ファイバーをファイバーの軸に垂直な方向に切り出したもので、指向性に優れている。また、セルフォックスレンズやマイクロレンズ等を用いることによっても、完全に視差をなくすことができる。

【0070】

【発明の効果】本発明の反射型カラー液晶表示素子は、1画素を構成する3つのドットによるシアン、マゼンタ、イエローの加法混色により白表示を行うので、従来の赤、青、緑の加法混色と比較して、光の利用効率が約2倍となる。また、赤、緑、青の各色を表示した場合にも、3ドット中の2ドットが表示に寄与するので、光の利用効率が約2倍となり、画素の明るさも約2倍になる。また、本発明の反射型カラー液晶表示素子は2層型であり、表示素子の厚さに起因する視差を比較的小さく抑制することができるので、視認性の高い表示を提供す

ることができる。

【0071】また、本発明の反射型カラー液晶表示素子の製造方法によれば、明るく視認性の高い反射型カラー液晶表示素子を簡易に再現性良く製造することができる。

【0072】本発明の液晶表示素子の液晶層の材料として、コレステリック液晶、フィルム化したコレステリック液晶、マイクロカプセル化コレステリック液晶を用いることが好ましい。これらの材料の選択範囲は広く、選択反射波長の温度依存性の少ない材料を選択することができる。また、フィルム化した液晶やマイクロカプセル化した液晶を用いることによって、液晶表示素子の製造工程を簡略化することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の反射型カラー液晶表示素子の構成を示す部分断面図である。

【図2】本発明の反射型カラー液晶表示素子に用いられる液晶層の構成を示す断面図である。

【図3】本発明の反射型カラー液晶表示素子に用いられる液晶層の分光反射率を示すグラフである。

【図4】本発明の反射型カラー液晶表示素子に用いられる他の液晶層の分光反射率を示すグラフである。

【図5】本発明の反射型カラー液晶表示素子に用いられる基板の構成を示す平面図である。

【図6】従来のカラー液晶表示素子の構成を示す模式図である。

【図7】従来の他のカラー液晶表示素子の構成を示す模式図である。

【図8】コレステリック液晶による選択反射を示す模式図である。

【符号の説明】

1、2、3 透明基板

4、5 液晶層

4a、4b、5a、5b 液晶領域

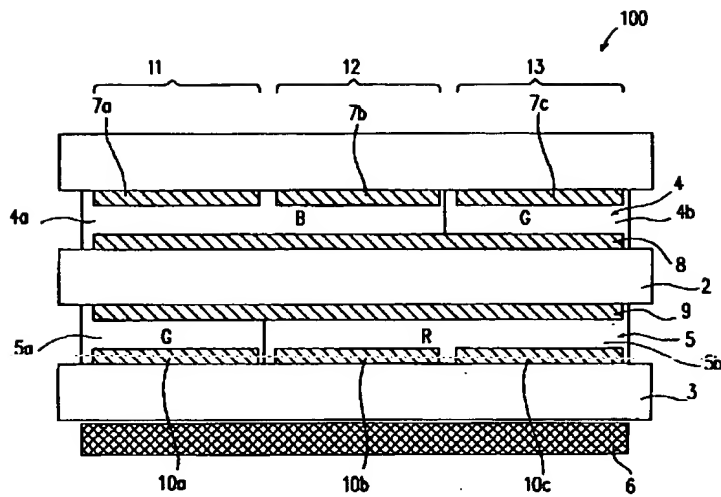
6 光吸収層

7a、7b、7c、8、9、10a、10b、10c 透明電極

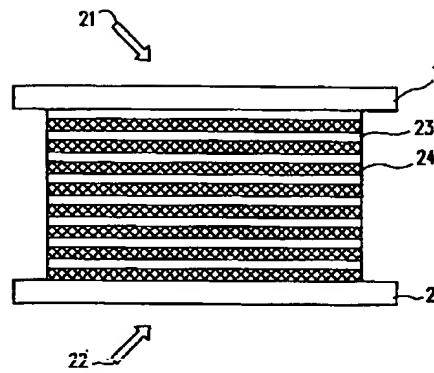
11、12、13 ドット

100 反射型カラー液晶表示素子

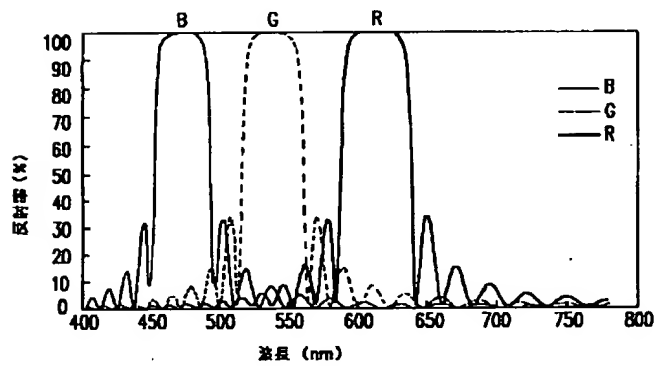
【図1】



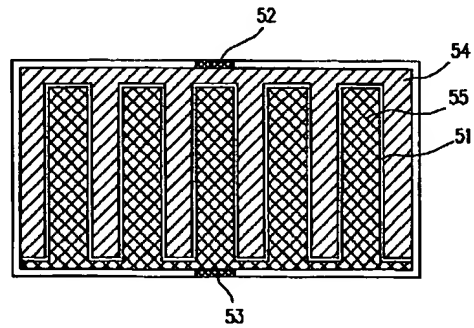
【図2】



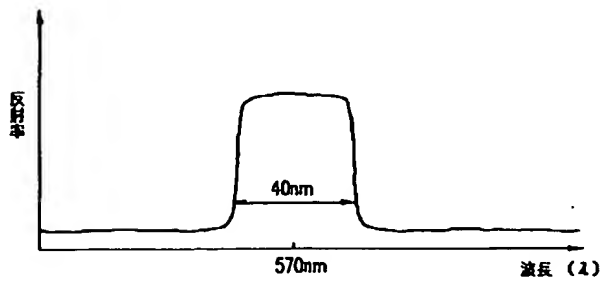
【図3】



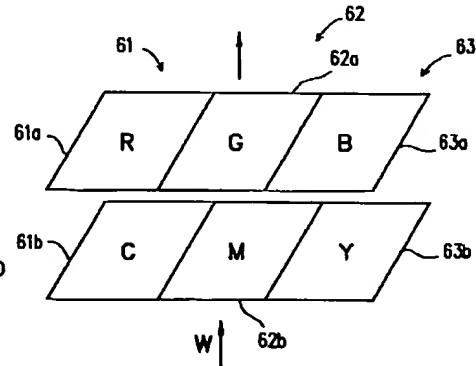
【図5】



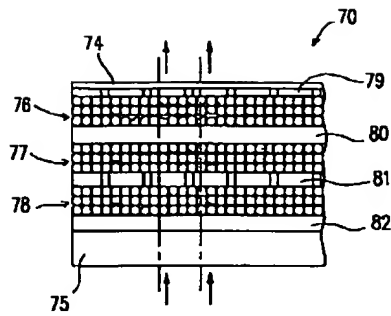
【図4】



【図6】



【図7】



【図8】

コレステリック液晶の選択反射

